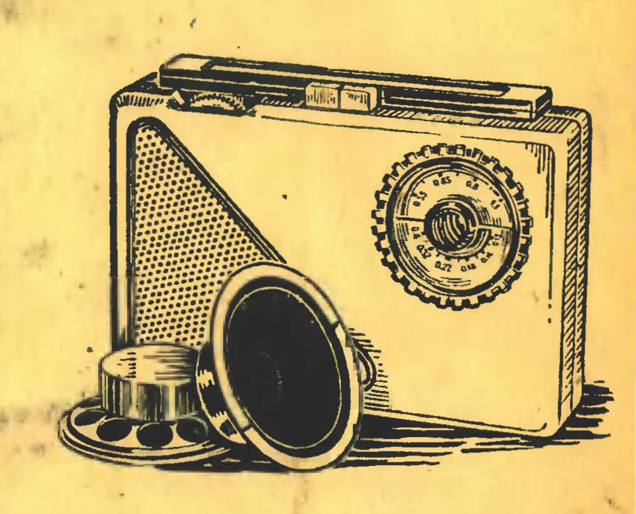


МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

Б. В. КОЛЬЦОВ

МИНИАТЮРНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 361

Б. В. КОЛЬЦОВ

МИНИАТЮРНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ДЛЯ ПРИЕМНИКОВ НА ТРАНЗИСТОРАХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1960 ЛЕНИНГРАД

СОДЕРЖАНИЕ

В брошюре приведены подробные описания конструкций самодельных миниатюрных громкоговорителей для карманных приемников, а также практические схемы усилителей низкой частоты на транзисторах, рассчитанные на эти громкоговорители.

Брошюра предназначена для широкого круга радиолюбителей.

Кольцов Борис Васильевич

Миниатюрные громкоговорители для приемников на транзисторах

* * *

Редактор *А. Г. Соболевский* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 15/XII 1959 г. Подписано к печати 18/I 1960 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{32}$ 2,46 п. л. 2,7 уч.-изд. л.
Т-01247 Тираж 60 000 Цена 1 р. 10 к. Зак. 647

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стремительное развитие полупроводниковой техники и массовое производство полупроводниковых приборов обусловили новое направление в творческой деятельности радиолюбителей и открыли широкие возможности по конструированию и постройке различной радиотехнической и электронной аппаратуры.

В связи с этим многие радиолюбители занялись конструированием и изготовлением малогабаритных приемников на транзисторах. Для таких приемников нужны миниатюрные громкоговорители, которых пока еще нет в продаже. Поэтому радиолюбителям приходится изготавливать их самим.

За последнее время было описано большое число схем и конструкций малогабаритных приемников, но рекомендации по изготовлению миниатюрных громкоговорителей в литературе не было. Поэтому данная брошюра с подробными описаниями самодельных громкоговорителей с нашей точки зрения является актуальной.

В брошюре изложен опыт автора по изготовлению различных сравнительно простых миниатюрных громкоговорителей из доступных для радиолюбителей деталей и материалов. Кроме того, в ней приведены описания трех малогабаритных громкоговорителей промышленного образца с указаниями по их изготовлению в радиолюбительских условиях.

К миниатюрным громкоговорителям не предъявляется тех жестких требований по электрическим и акустическим параметрам, которые обязательны для обычных громкого-

ворителей. Они должны иметь небольшой диффузор, компактную магнитную систему и могут быть рассчитаны на небольшое звуковое давление и сравнительно узкий диапазон рабочих частот.

Но все это не означает, что изготовление миниатюрного громкоговорителя является очень простым делом. Эта работа требует большой точности и аккуратности, от которых, в основном, и зависит качество изготовленного громкоговорителя.

Автор

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ СХЕМЫ МИНИАТЮРНЫХ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Конструктивно миниатюрные громкоговорители отличаются от громкоговорителей, применяемых в обычных радиоприемниках. Рассмотрим их конструктивные схемы, приведенные на рис. 1.

Электромагнитные громкоговорители можно разделить на громкоговорители с простой магнитной системой (рис. 1,*а*) и громкоговорители с дифференциальной магнитной системой (рис. 1,*б*). Простой электромагнитный громкоговоритель не обладает высокой чувствительностью и эффективностью. Эффективность громкоговорителей с дифференциальной магнитной системой значительно выше. Основными частями громкоговорителя с простой магнитной системой являются мембрана *1*, диффузор *2* и электромагнит *3*, состоящий из подковообразного магнита и полюсных наконечников с обмотками. В громкоговорителе же с дифференциальной магнитной системой основными частями являются диффузор *1*, который через шток *2* соединен с подвижным концом якоря *3*, свободно проходящим внутри катушки.

Основными частями пьезоэлектрических громкоговорителей (рис. 1,*в*) являются пьезоэлемент *1* и диффузор *2*. Эти громкоговорители просты в изготовлении, их эффективность выше простых электромагнитных громкоговорителей, однако они механически непрочны.

Основными частями электродинамического громкоговорителя (рис. 1,*г*) являются магнитная система *1*, звуковая катушка *2* и диффузор *3*. Эти громкоговорители обладают наибольшей эффективностью. Высокая надежность, значительная номинальная мощность (0,25—0,5 *вт*) и сравнительно простое изготовление обусловливают их широкое распространение.

При самостоятельном конструировании и изготовлении малогабаритных громкоговорителей следует учесть, что

благодаря малому диаметру диффузора высокие частоты будут воспроизводиться лучше низких. Для хорошего качества воспроизведения необходимо, чтобы

$$f_{н}f_{в} = 400\,000 \div 600\,000,$$

где $f_{н}$ — нижняя воспроизводимая частота;

$f_{в}$ — верхняя воспроизводимая частота.

При выборе раствора диффузора надо учитывать, что низкие частоты лучше воспроизводятся при плоском диф-

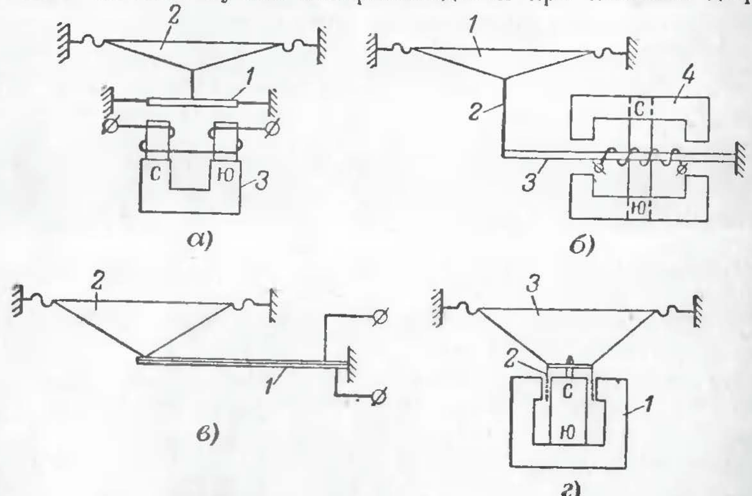


Рис. 1. Конструктивные схемы громкоговорителей.

а — простой электромагнитный громкоговоритель: *1* — мембрана, *2* — диффузор, *3* — электромагнит; *б* — электромагнитный громкоговоритель с дифференциальной магнитной системой: *1* — диффузор, *2* — шток, *3* — якорь, *4* — постоянный магнит; *в* — пьезоэлектрический громкоговоритель: *1* — биморфный пьезоэлемент, *2* — диффузор; *г* — электродинамический громкоговоритель: *1* — магнитная система, *2* — катушка, *3* — диффузор.

фузоре, верхние же частоты лучше воспроизводятся при более остром диффузоре.

Коэффициент полезного действия громкоговорителей с магнитной системой зависит от величины индукции в зазоре:

$$\text{к. п. д.}_{гр} = kB^2,$$

где k — коэффициент пропорциональности;

B — индукция в зазоре магнитной системы громкоговорителя.

От рациональной конструкции магнитной цепи и правильного выбора магнитного материала зависит и эффективность громкоговорителя. Чем бóльшая магнитная индукция в зазоре, тем большее звуковое давление развивает громкоговоритель.

Следует обратить внимание на вес подвижной системы громкоговорителя, который надо подбирать экспериментальным путем. При этом резонанс подвижной системы желательно иметь на частотах 200—300 *гц* и использовать его для расширения частотной характеристики громкоговорителя в области низких частот.

Сопротивление катушек постоянному току у электромагнитных громкоговорителей, как правило, значительное (50—200 *ом*), что выгодно для бестрансформаторного включения их в оконечные каскады усилителей низкой частоты на транзисторах. Сопротивление звуковых катушек динамических громкоговорителей обычно незначительное (5—8 *ом*), но в последнее время применяют динамические громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки порядка 28—30 *ом* (0,25 ГД-2). Такие громкоговорители используются в бестрансформаторной схеме выхода оконечного усилителя низкой частоты.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ ИЗ ДЕТАЛЕЙ ГОЛОВНОГО ТЕЛЕФОНА

Простейший электромагнитный громкоговоритель можно изготовить из деталей головного телефона. Чертежи такого громкоговорителя приведены на рис. 2.

Громкоговоритель имеет магнитную систему, состоящую из разомкнутой магнитной цепи и мембраны *2*. Последняя представляет собой диск из пермендюра толщиной 0,1 *мм*, закрепленный в корпусе *4* из органического стекла.

Магнитный поток образуется постоянным магнитом *7* и электромагнитным полем катушек *5*. Постоянный магнит изготовляется из сплава АНКО-4, а наконечники из стали Армко или мягкой стали (например, Ст. 3). Чтобы избежать магнитного перенасыщения центральной части мембраны, в центре ее точечной электросваркой приваривается диск из мягкой стали толщиной 0,2 *мм*, а затем приклепывается латунная игла. В дальнейшем к этой игле приклеивается диффузор. Катушки содержат по 700 витков провода ПЭЛ 0,05.

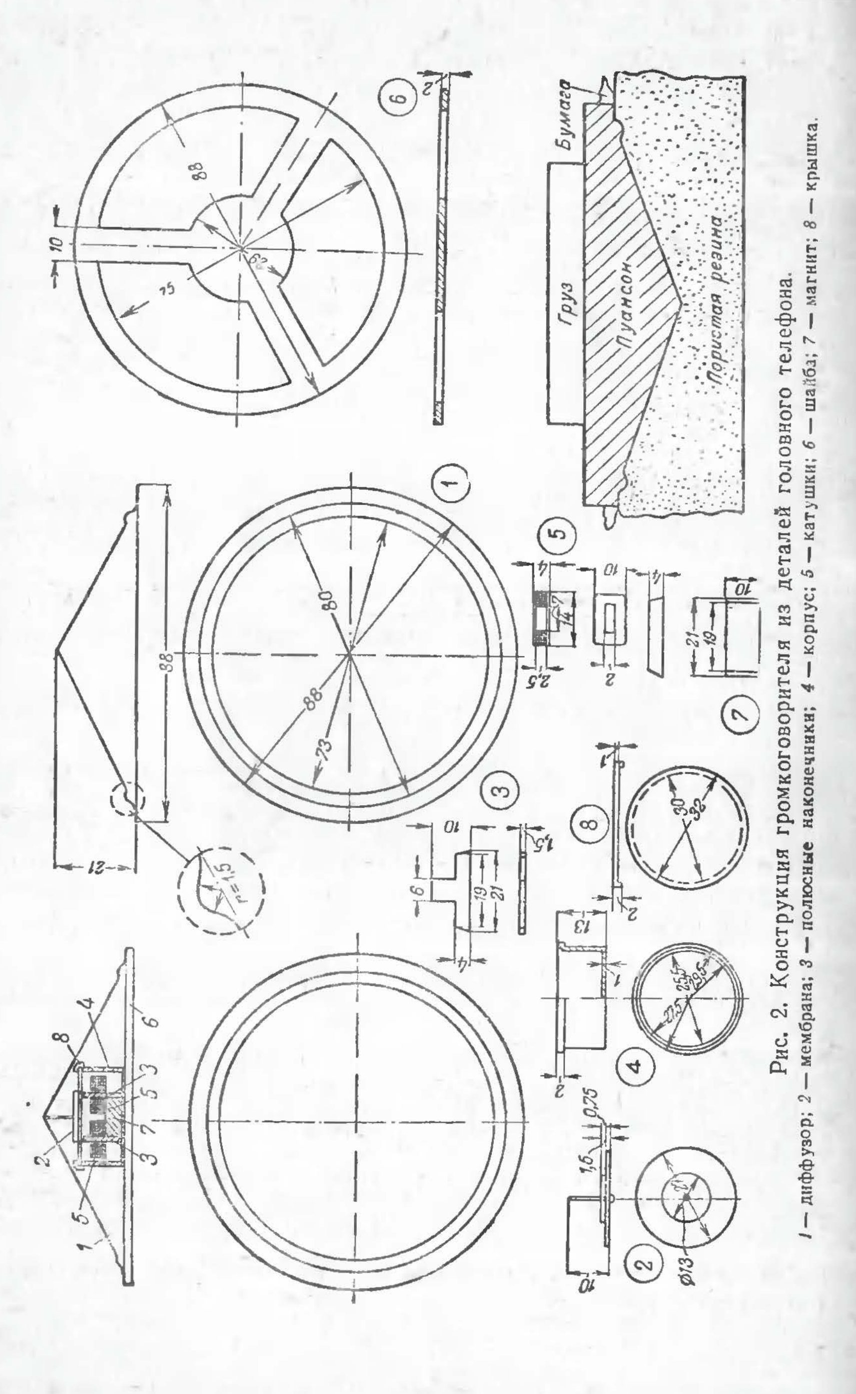


Рис. 2. Конструкция громкоговорителя из деталей головного телефона.
1 — диффузор; 2 — мембрана; 3 — полюсные наконечники; 4 — корпус; 5 — катушки; 6 — шайба; 7 — магнит; 8 — крышка.

Диффузор *1* изготовляется (методом прессования) из фильтровальной бумаги толщиной не более 0,2 *мм*. Пресс-форма состоит из пуансона (органическое стекло) и губчатой резины толщиной 25—30 *мм*. Размоченная бумага закладывается в эту пресс-форму и оставляется в ней до полного высыхания. После этого диффузор в центре пропитывается жидким клеем БФ-2.

Намагничивание постоянного магнита производится по способу, описанному на стр. 41.

Громкоговоритель собирается на гетинаксовой шайбе *6*. Последовательность сборки следующая. Магнитные наконечники с катушками приклеиваются клеем БФ-2 к постоянному магниту, а затем к корпусу. Катушки соединяются последовательно, и выводы их подпаиваются к зажимам. Крышка *8* клеем БФ-2 приклеивается к корпусу *4*, в который предварительно вставлена мембрана. Перед приклепыванием диффузора к игле необходимо произвести регулировку мембраны, которая должна перемещаться в ту и другую сторону на 0,5 *мм*. Зазор между мембраной и магнитными наконечниками можно изменять установкой бумажных колец между корпусом и мембраной.

Описанный громкоговоритель развивает звуковое давление 0,18—0,25 *бар* и имеет рабочую полосу частот 250—4 000 *гц*.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С МАЛОГАБАРИТНОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ОТ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ «РЕКОРД»

К числу простых и легко выполнимых конструкций электромагнитных громкоговорителей относится и громкоговоритель с магнитной системой от громкоговорителя «Рекорд». Чертежи такого громкоговорителя приведены на рис. 3.

Для магнитной цепи используются постоянные магниты от поляризованного реле типа РП; можно применять корректирующие магниты от электронно-лучевых трубок телевизоров, а также материалы АНКО-4 (магнико), альни, альниси и феррокcдюр.

Магнитная система громкоговорителя состоит из двух прямоугольных магнитов *4*, стальных полюсных наконечников *1* (Ст. 3) и полюсных наконечников *2* из трансформаторной стали. Якорь *6* изготавливается из пермендюра или трансформаторной стали.

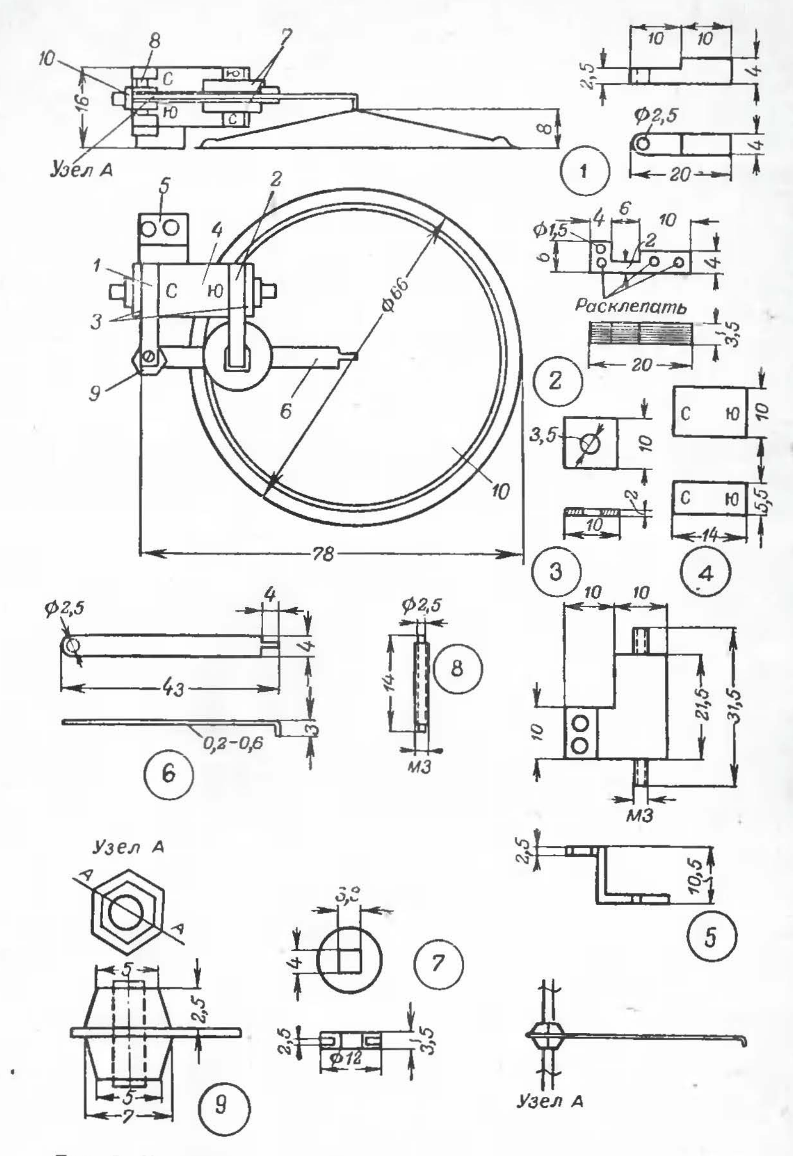


Рис. 3. Конструкция громкоговорителя с магнитной системой от громкоговорителя „Рекорд".

1 и *2* — полюсные наконечники; *3* — накладка; *4* — магнит; *5* — кронштейн; *6*—якорь; *7* — катушка; *8* — регулировочный винт; *9* — зажимные гайки; *10* — диффузор.

Регулировочный винт *8* и зажимные гайки *9* необходимо изготавливать из стали, так как они, кроме функций крепления, выполняют роль элементов магнитной цепи.

Катушки содержат по 1 500 витков ПЭЛ 0,05, сопротивление постоянному току 180—200 *ом*. Каркасы катушек изготовляются из эбонита.

Диффузор *10* изготавливают из фильтровальной бумаги, а кронштейн *5* и накладку *3* — из латуни.

Сборка громкоговорителя производится следующим образом. Катушки клеем БФ-2 приклеивают к полюсным наконечником *2*. В полюсных наконечниках *1* при помощи зажимных гаек *9* закрепляют якорь *6* (узел *А*), после чего полюсные наконечники и магниты укрепляют на латунном кронштейне. Собранную магнитную систему с якорем крепят к передней панели громкоговорителя и добиваются одинакового зазора между якорем и полюсными наконечниками. Следует проследить за тем, чтобы при сборке магнитной системы не образовался перекос якоря относительно плоскостей полюсных наконечников.

Диффузор приклеивают клеем БФ-2 к передней панели и к якорю. После высыхания клея намагничивают магнитную цепь громкоговорителя (см. стр. 41).

В окончательно отрегулированном громкоговорителе зазор между якорем и полюсным наконечником должен быть не более 0,25—0,3 *мм*; при этом якорь при перемещении от руки не должен «залипать».

Выводы катушек соединяются последовательно и припаиваются к зажимам.

Громкоговоритель развивает среднее звуковое давление 0,6—0,9 *бар* при рабочей полосе частот 200—5 000 *гц*.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ОТ МИКРОФОНА ДЭМШ-1

Одним из недостатков описанного выше простейшего громкоговорителя из деталей головного телефона является то, что отрегулированное положение мембраны легко сбивается. На рис. 4 приведены чертежи простой конструкции малогабаритного громкоговорителя, лишенного этого недостатка.

Громкоговоритель построен на базе дифференциальной магнитной системы с двумя магнитами из феррoксдюра. Магниты из этого материала изготовляются в виде кольца,

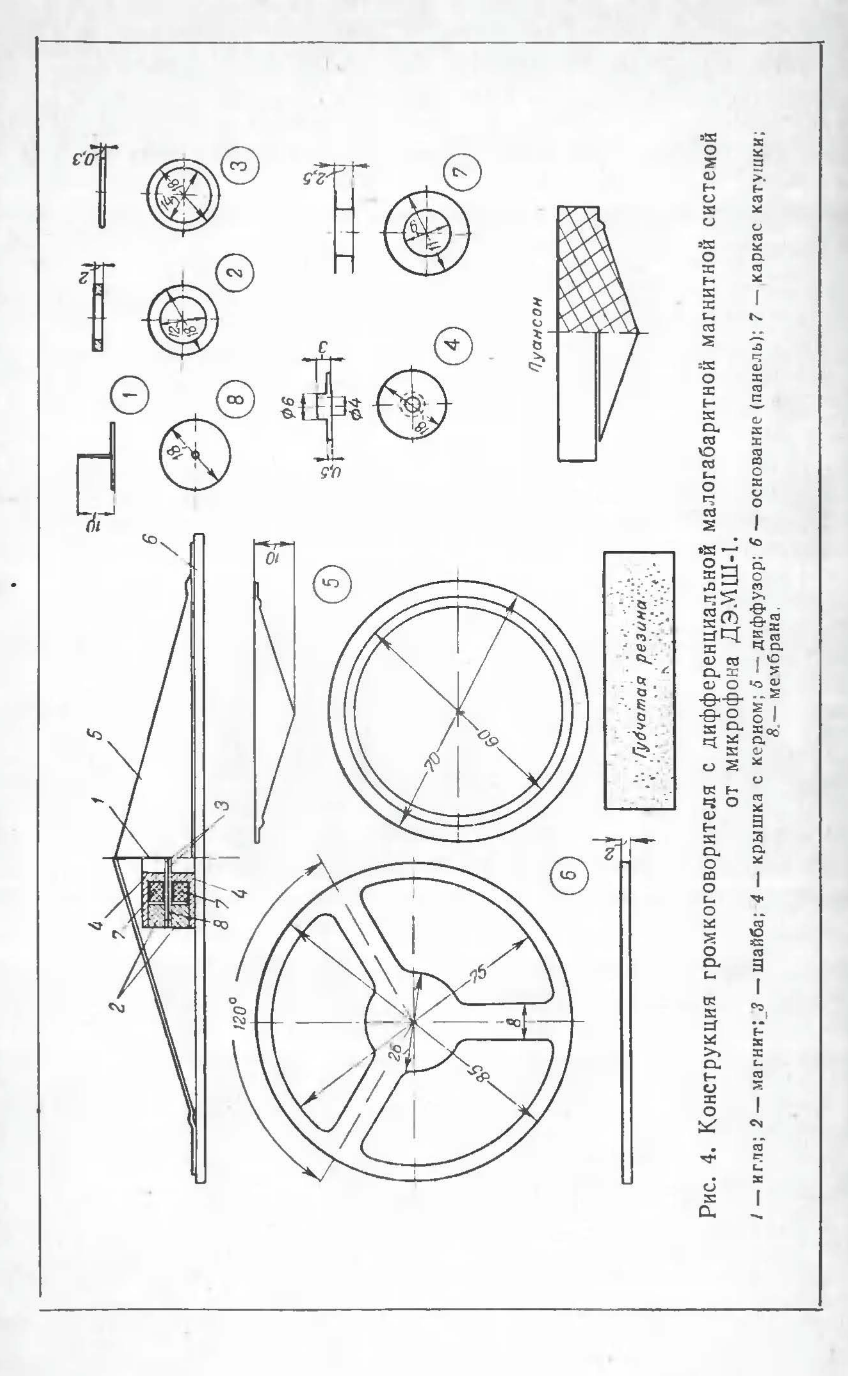


Рис. 4. Конструкция громкоговорителя с дифференциальной малогабаритной магнитной системой от микрофона ДЭМШ-1.

1 — игла; *2* — магнит; *3* — шайба; *4* — крышка с керном; *5* — диффузор; *6* — основание (панель); *7* — каркас катушки; *8* — мембрана.

поэтому магнитная система получается плоской и обладает малым полем рассеяния.

Магнитная система состоит из двух концентрических магнитов *2*, мембраны *8* из пермендюра, шайб *3*, верхней и нижней крышек с кернами *4* из пермаллоя, а также каркасов с катушками *7*.

Керн с крышкой *4* можно также изготовить из мягкой стали типа Армко или из Ст. 3. Каркасы катушек делаются из прессшпана. Катушки содержат по 1 400 витков провода ПЭЛ 0,05.

Основание *6*, на котором собирается громкоговоритель, изготавливается из гетинакса, а игла *1* — из латуни или дерева. Изготовление диффузора описано на стр. 11.

Сборка громкоговорителя производится в следующей последовательности. Иглу *1* приклеивают в центре мембраны. Каркасы с катушками размещают на кернах и клеем БФ-2 приклеивают к крышкам. Далее, на крышки противоположными полюсами устанавливают, а затем клеем БФ-2 подклеивают магниты *2*, на которые затем накладывают пермаллоевые шайбы *3*.

На одной из двух половин магнитопровода располагают мембрану с иглой, после чего обе части магнитопровода соединяются двумя лентами из кабельной бумаги шириной 4 *мм*, которые располагаются перпендикулярно друг к другу.

Одна сторона магнитной системы вместе с бумажными лентами приклеивается клеем БФ-2 к гетинаксовой панеле *6*.

Выводы катушек соединяются последовательно и подпаиваются к зажимам. Диффузор *5* приклеивают к гетинаксовой панеле *6* и игле *1*. Центрировать подвижную систему (мембрану и диффузор) не надо.

Громкоговоритель развивает звуковое давление 0,15—0,2 *бар* и имеет рабочую полосу частот 200—4 000 *гц*. Его можно использовать в однотактной и двухтактной схеме усилителя низкой частоты.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ОТ МИКРОТЕЛЕФОННОГО КАПСЮЛЯ ДЭМ-4М

Дифференциальные громкоговорители электромагнитной системы отличаются от простых электромагнитных громкоговорителей более высокой чувствительностью и большим к. п. д. Простым по конструкции громкоговорителем, который можно использовать без переделки в ми-

ниатюрном приемнике с маломощным выходом, является дифференциальный электромагнитный (микротелефонный капсюль) типа ДЭМ-4М.

Капсюль (рис. 5) устроен следующим образом. Между двумя пластинами из мягкой стали, образующими полюсные наконечники *1*, закреплены при помощи латунных болтов *2* постоянные магниты *3* из сплава альнико. Между полюсными наконечниками находится упругий якорь *4* из пермендюра. Один конец якоря через латунные прокладки

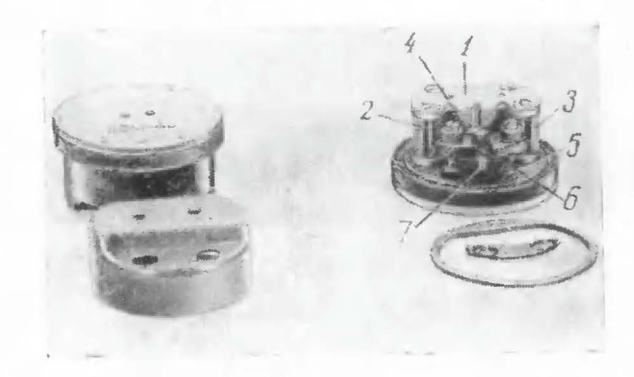


Рис. 5. Электромагнитный дифференциальный микротелефонный капсюль ДЭМ-4М.

1 — полюсный наконечник; *2* — латунный болт; *3* — магнит; *4* — якорь; *5* — диффузор; *6* — регулировочный винт; *7* — пружина.

закреплен в полюсных наконечниках, а к другому концу прикреплен металлический стерженек, передающий колебания якоря на диффузор *5* из фосфористой бронзы, и плоская пружина из фосфористой бронзы, которая вместе с упорным винтом *6* позволяет регулировать положение якоря в зазоре между полюсными наконечниками.

Якорь находится в электромагнитном поле катушки, которая намотана проводом ПЭЛ 0,1 и содержит 600 витков. Сопротивление обмотки постоянному току 60 *ом*, а на частоте 1 000 *гц* — 600 *ом*. Высота капсюля ДЭМ-4М 30 *мм*, наружный диаметр 55 *мм* и вес 200 *г*.

Капсюль ДЭМ-4М, используемый в качестве громкоговорителя, работает в диапазоне 300—2 800 *гц* с резонансами на частотах 800, 1 400 и 2 500 *гц*. Чувствительность в телефонном режиме 460 *бар/в*, чувствительность в микрофонном режиме 1,6 *мв/бар*.

Капсюль нельзя использовать в выходных каскадах с мощностью более 50 *мвт* из-за значительных нелинейных искажений. Поэтому радиолюбителю при изготовлении электромагнитного громкоговорителя можно рекомендовать использовать только магнитную систему от капсюля ДЭМ-4М, перемотав звуковую катушку.

На рис. 6 показан внешний вид громкоговорителя с магнитной системой от капсюля, а конструкция громкоговорителя и чертежи представлены на рис. 7.

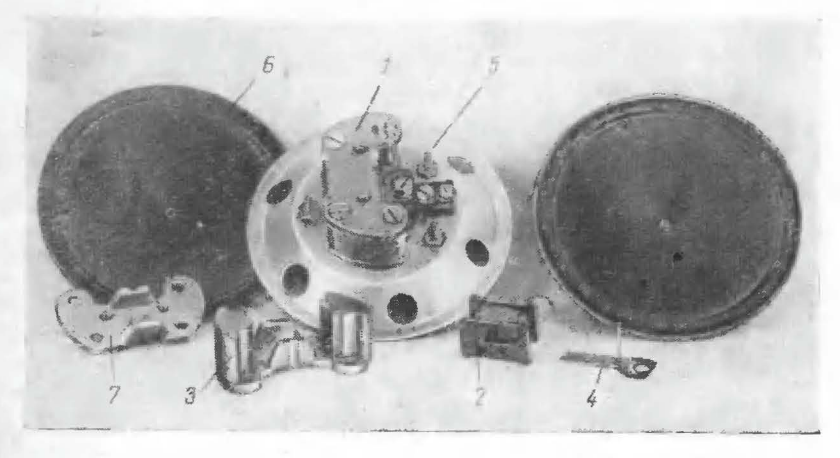


Рис. 6. Внешний вид громкоговорителя с магнитной системой от микротелефонного капсюля ДЭМ-4М.

1 — магнитная система; *2* — катушка; *3* — магниты; *4* — якорь; *5* — диффузородержатель; *6* — диффузор; *7* — полюсный наконечник.

Диффузор изготавливают методом прессования из тонкой черной бумаги (толщиной не более 0,25 *мм*), предназначенной для защиты фотоматериалов от воздействия света, но можно изготовить диффузор и из фильтровальной бумаги. Способ изготовления диффузора описан на стр. 11.

Диффузородержатель *5* выдавливают из листового алюминия толщиной 0,5—0,6 *мм* или вытачивают на токарном станке из дерева. Звуковая катушка *2* при использовании громкоговорителя в двухтактной схеме содержит 2×1 000 витков провода ПЭВ 0,1 *м*. Эту же катушку можно использовать в однотактной схеме. Сопротивление обмотки на частоте 1 000 *гц* составляет 800 *ом*. Катушка имеет три вывода.

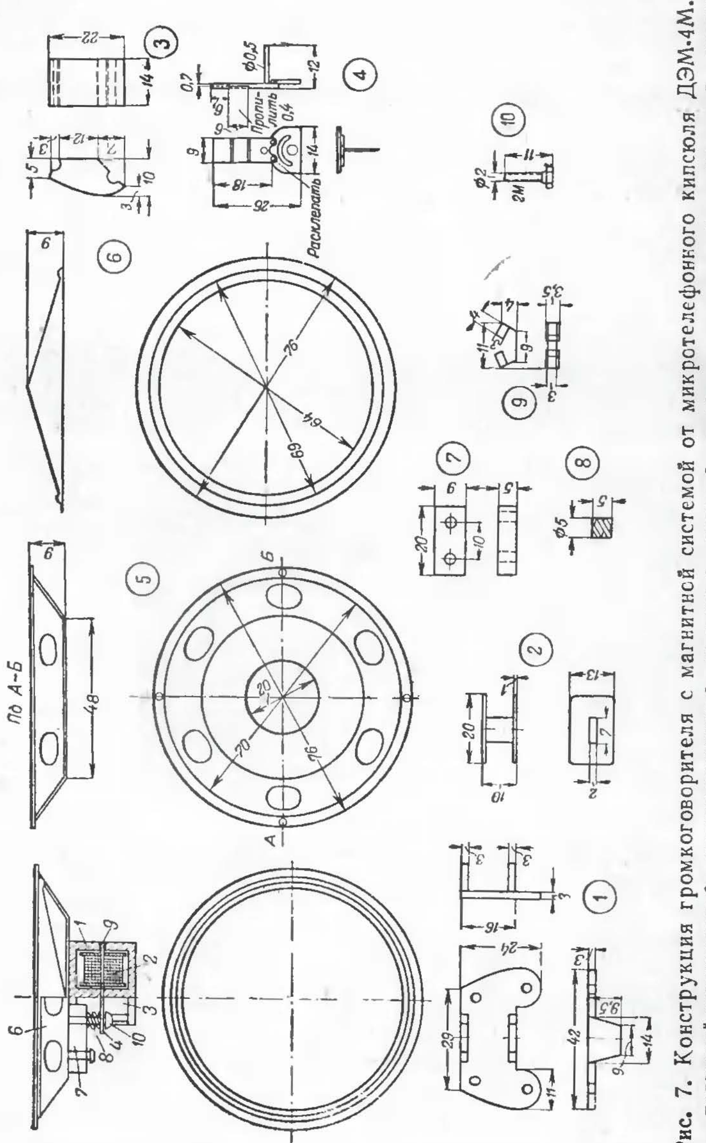


Рис. 7. Конструкция громкоговорителя с магнитной системой от микротелефонного кипсюля ДЭМ-4М.
1 — полюсный наконечник; *2* — каркас катушки; *3* — магнит; *4* — якорь; *5* — диффузородержатель; *6* — диффузор; *7* — деталь крепления; *8* — пружина; *9* — латунные прокладки; *10* — регулировочный винт.

Соединение диффузородержателя с магнитной системой производится при помощи проходных болтов с гайками. Для ослабления упругости пермендюрового якоря *4* в нем (рис. 7) надфилем пропиливается канавка. Сборка громкоговорителя производится следующим образом. Катушку располагают между полюсными наконечниками *1* и магнитами *3*. Затем пермендюровый якорь *4* через латунные прокладки *9* зажимают одним концом между полюсными наконечниками. После центровки якоря в зазоре при помощи регулировочного винта *10* к штоку и диффузородержателю клеем БФ-2 приклеивают диффузор.

Налаживание громкоговорителя сводится к регулированию подвижной системы в зазоре магнитной системы. Перекос якоря относительно плоскостей полюсных наконечников недопустим.

Громкоговоритель развивает среднее звуковое давление более 1,8 *бар* и имеет рабочий диапазон частот 240—3 200 *гц* с резонансами на частотах 380, 900 и 2 300 *гц*. Вес громкоговорителя 160 *г*.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ОТ КАПСЮЛЯ БЭМ

Внешний вид такого громкоговорителя показан на рис. 8, а чертежи его деталей приведены на рис. 9.

Диффузор *2* изготовляется прессованием из тонкой черной бумаги, которая употребляется для защиты фотомате-

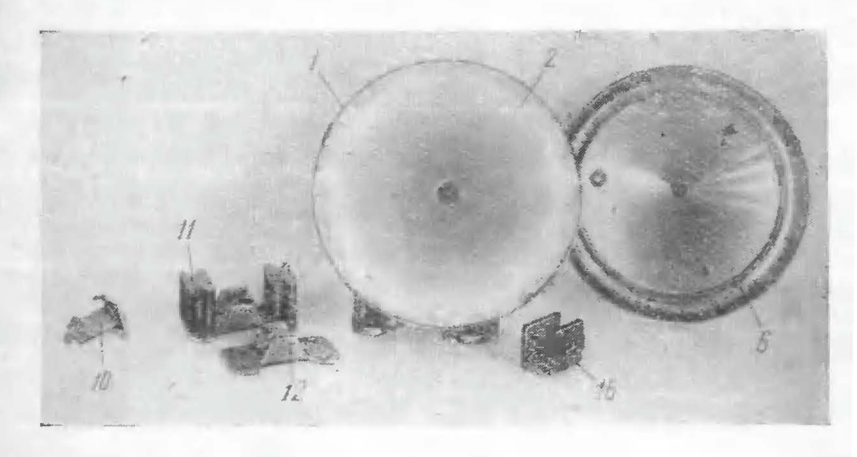
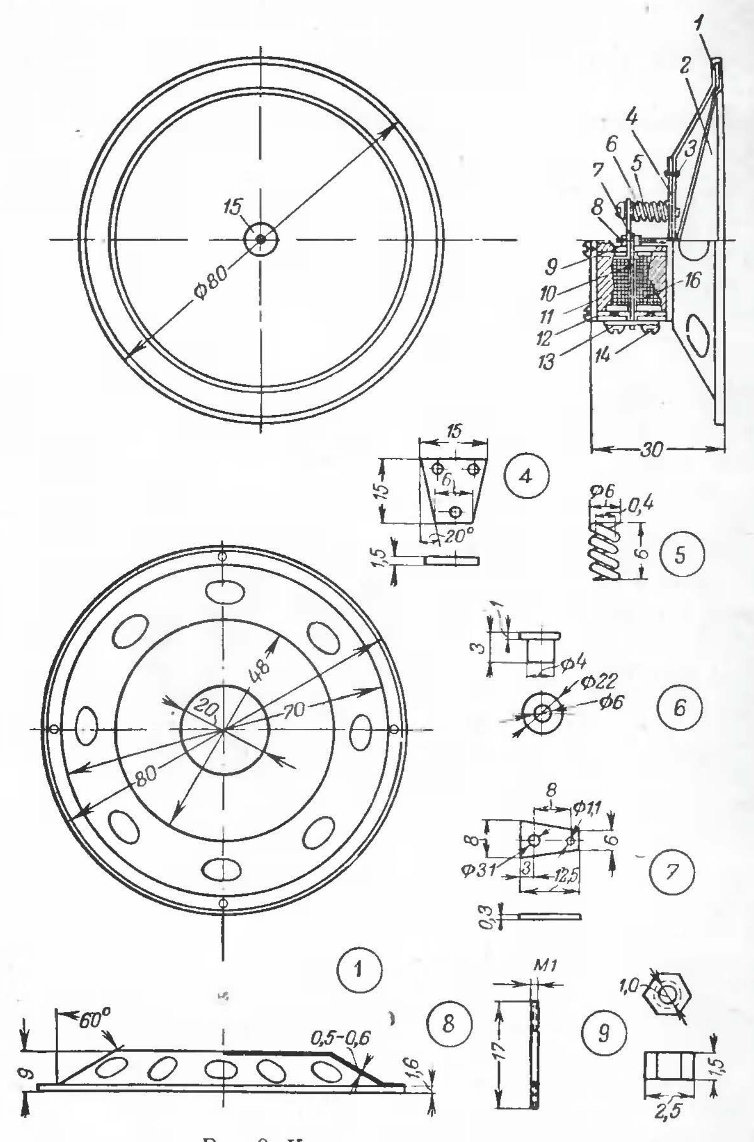


Рис. 8. Внешний вид электромагнитного громкоговорителя с магнитной системой от капсюля БЭМ.
1 — диффузородержатель; *2* — диффузор; *6* — пуансон; *10* — якорь; *11* — магниты; *12* — полюсный наконечник; *16* — каркас катушки.

риалов от воздействия света. Метод изготовления диффузора описан на стр. 11.

Диффузородержатель *1* выдавливается из алюминия толщиной 0,5 *мм* или из органического стекла.

Каркас звуковой катушки *16* делается из гетинакса или органического стекла. Намотка катушки производится



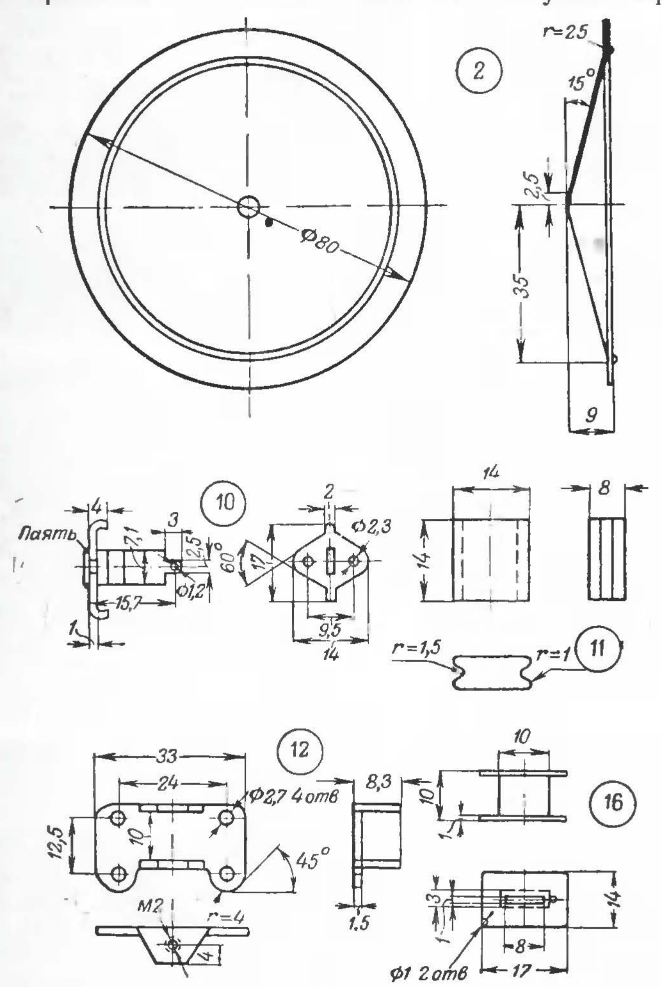


Рис. 9. Конструкция электромагнитного громкоговорителя с магнитной системой от капсюля БЭМ.

1 — диффузородержатель; *2* — диффузор; *3* — заклепка; *4* — пластинка; *5* — пружина; *6* — втулка; *7* — плоская пружина; *8* — болт; *9* — гайка; *10* — якорь; *11* — магнит; *12* — полюсный наконечник; *13* и *14* — винты; *15* — конус; *16* — катушка.

проводом ПЭВ 0,1 и содержит 2×1 000 витков. Сопротивление обмотки на частоте 1 000 *гц* составляет 800 *ом*.

В громкоговорителе применены постояные магниты прямоугольной формы из магнитного сплава АНКО-4 (магнико). Полюсные наконечники изготавливают из мягкой стали, желательно из стали Армко, а якорь *10* из пермендюра толщиной 0,8 *мм*.

Сборка громкоговорителя начинается со сборки магнитной системы, которую потом приклепывают к диффузородержателю. После этого к диффузородержателю клеем БФ-4 приклеивают диффузор.

Налаживание описанного громкоговорителя сводится по существу к регулировке якоря в зазоре полюсных наконечников при помощи регулировочного винта.

Громкоговоритель развивает звуковое давление более 1,7 *бар* и имеет рабочий диапазон частот 250—3 000 *гц*. Вес громкоговорителя 80 *г*.

Описанный громкоговоритель можно использовать в двухтактной схеме усилителя без выходного трансформатора, так как сопротивление его обмоток достаточно велико.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ ИЗ ФЕРРОКСДЮРА

На стр. 13 был описан громкоговоритель с магнитной системой из ферроксдюра. Этот громкоговоритель имеет маломощную магнитную систему. Поэтому он развивает среднее звуковое давление не более 0,25 *бар*, что недостаточно для приемников с мощным выходом.

На рис. 10 приведены чертежи электромагнитного громкоговорителя с дифференциальной магнитной системой из ферроксдюра. Такой громкоговоритель развивает среднее звуковое давление 2—2,2 *бар*.

Диффузор *2* громкоговорителя изготавливают способом, описанным на стр. 11. Для увеличения жесткости диффузора его необходимо несколько раз пропитать жидким клеем БФ-2. Диффузородержатель выдавливают из органического стекла или листового алюминия толщиной 0,5—0,6 *мм*.

Мембрана *5* изготавливается из пермендюра, а опорные шайбы *3* и кольца *4* из пермаллоя.

Сердечники изготавливают из мягкой стали типа «Армко».

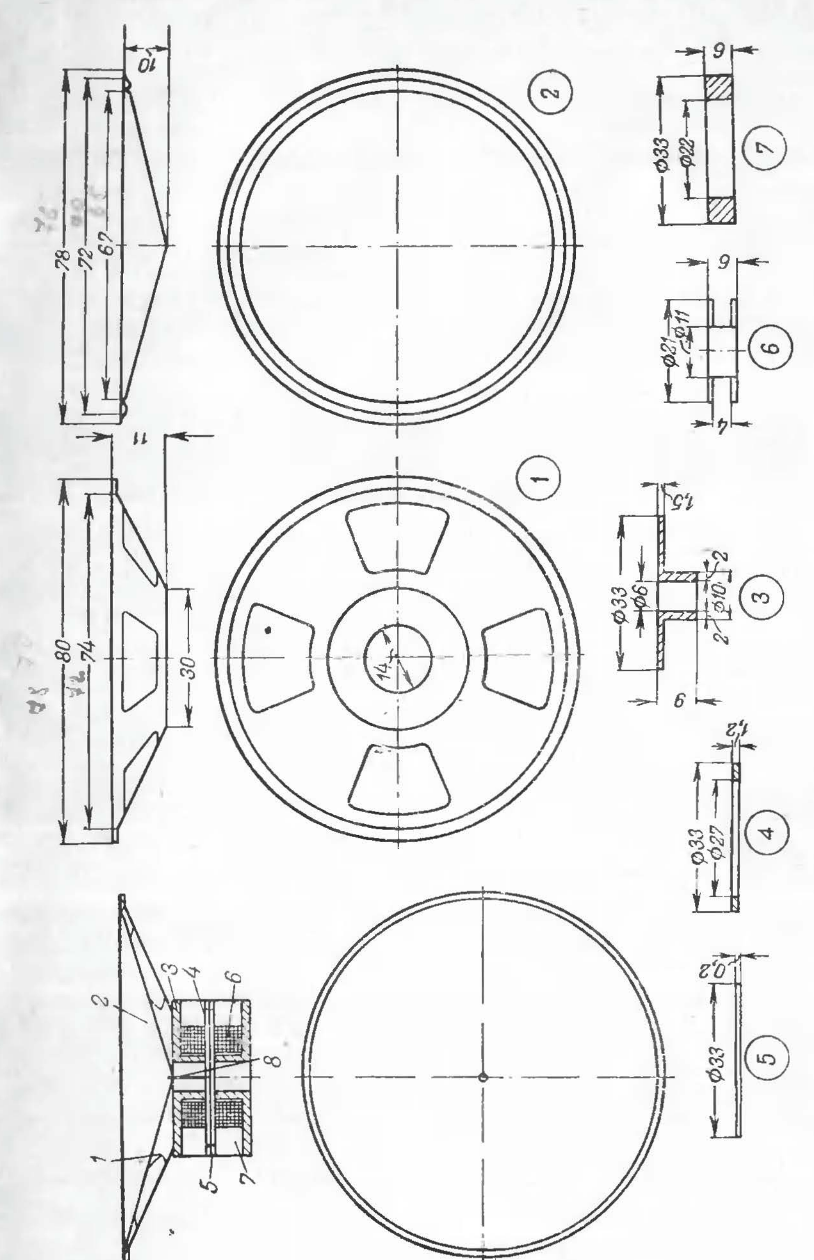


Рис. 10. Конструкция громкоговорителя с магнитной системой из ферроксдюра.
1 — диффузородержатель; *2* — диффузор; *3* — опорная шайба; *4* — кольцо; *5* — мембрана; *6* — каркас катушки; *7* — магнит; *8* — игла

Каркасы катушек *6* изготавливаются из прессшпана толщиной 0,5 *мм*. Катушки содержат по 2 000 витков провода ПЭВ 0,1. Сопротивление обмотки постоянному току 80 *ом*.

Сборка громкоговорителя производится следующим образом. К мембране *5* приклепывают латунную иглу *8* Диффузородержатель *1* приклеивают клеем БФ-2 к одной из шайб *3*, на которую потом устанавливают концентрический магнит *7* и звуковую катушку *6*. Чтобы катушки не передвигались в магнитной системе, их необходимо приклеить к верхней и нижней опорным шайбам. После сборки магнитной системы к игле *8* и диффузородержателю клеем БФ-2 приклеивают диффузор. Громкоговоритель не требует центровки мембраны и нормально работает сразу же после сборки. Вместо концентрических магнитов из феррроксдюра можно использовать концентрические магниты из АНКО-4, АЛНИ или других магнитных сплавов.

Описанный громкоговоритель развивает среднее звуковое давление до 2,2 *бар* и имеет рабочую полосу частот 250—3 000 *гц* с резонансами на частотах 780, 1 500 и 2 700 *гц*.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ НА БИМОРФНЫХ СЕГНЕТОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ

В связи с выпуском новых сегнетокерамических материалов (титаната бария и др.) появилась возможность изготовлять простые и прочные миниатюрные громкоговорители, обладающие высокими электроакустическими качествами. На рис. 11 изображен внешний вид громкоговорителя, в котором использован стандартный биморфный элемент из сегнетовой соли, заключенный в целлулоидную оболочку для защиты от влаги.

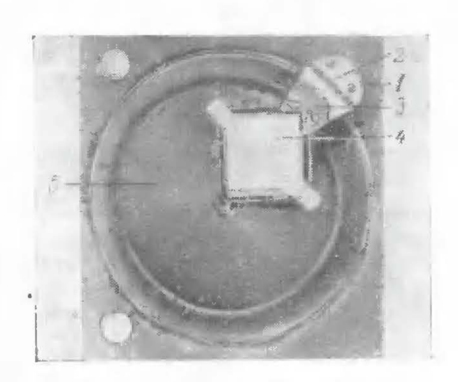


Рис. 11. Внешний вид громкоговорителя с биморфным элементом из сегнетовой соли.

1 — панель; *2* — кронштейн; *3* — накладка; *4* — пьезоэлемент; *5* — диффузор.

Чертежи деталей громкоговорителя приведены на рис. 12. Подвижная система состоит

Рис. 12. Конструкция громкоговорителя с биморфным элементом из сегнетовой соли.

1 — панель; *2* — кронштейн; *3* — накладка; *4* — пьезоэлемент; *5* — диффузор.

из пьезоэлемента *4*, диффузора *5*, кронштейна *2* и панели *1*.

Детали громкоговорителя изготовляют из следующих материалов: кронштейн *2* из латуни, панель *1* из гетинакса, диффузор *5* из плотной черной бумаги толщиной 0,25 *мм*, предназначенной для упаковки фотоматериалов. Диффузор изготавливают по способу, описанному на стр. 11.

Сборка громкоговорителя производится следующим образом. Кронштейн *2* винтами крепится к панели, затем к кронштейну одним концом крепится кристалл, который

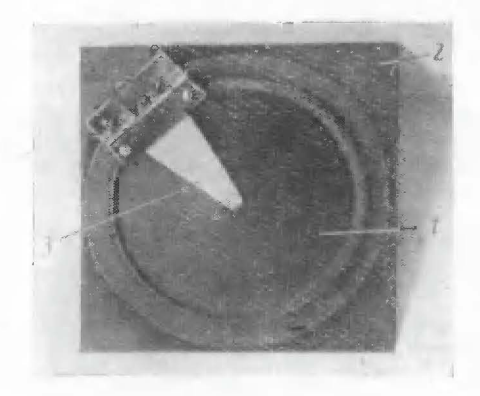


Рис. 13. Внешний вид пьезоэлектрического громкоговорителя с керамическим пьезоэлементом.

1 — диффузор; *2* — панель; *3* — керамический пьезоэлемент.

вторым концом приклеивается клеем БФ-2 к диффузору, а диффузор приклеивается к панели.

Громкоговоритель не требует налаживания, развивает среднее звуковое давление порядка 0,5—0,6 *бар* и имеет рабочую полосу частот 250—4 000 *гц*.

Громкоговоритель не лишен недостатков. Прежде всего, кристалл из сегнетовой соли механически недостаточно прочен и не допускает нагрева выше 40° С. Кроме того, громкоговоритель с этим кристаллом развивает недостаточное звуковое давление. От этих недостатков свободен громкоговоритель с биморфным сегнетокерамическим элементом из титаната бария. Внешний вид этого громкоговорителя приведен на рис. 13, а чертежи его деталей—на рис. 14. В конструктивном отношении громкоговорители

Рис. 14. Конструкция пьезоэлектрического громкоговорителя с биморфным керамическим элементом.

1 — диффузор; *2* — панель; *3* — пьезоэлемент; *4* — накладка; *5* — деталь крепления пьезоэлемента (мостик).

имеют много общего. Отличительным является способ крепления кристалла.

Для изготовления биморфного пьезоэлемента *3* нужны две пластины титаната бария толщиной 0,5—0,6 *мм*. Поверхности пластин должны быть посеребрены с обеих сторон. Для прочности и обеспечения электрического контакта между пластинами вставляется прокладка из луженой фосфористой бронзы толщиной 0,15—0,18 *мм*. Пластины с прокладкой склеивают бакелитовым лаком, в нижнюю и верхнюю посеребренные поверхности соединяют между собой, т. е. пластины включаются параллельно. Для поляризации элемента на него подается постоянное напряжение, которое плавно изменяется от 100 до 500 *в*; при напряжении 500 *в* элемент выдерживают в течение нескольких часов. После поляризации элемент обладает устойчивым пьезоэффектом. Емкость элемента 0,15—0,3 *мкф*.

Элемент одним концом крепят на мостике *5*, а вторым концом приклеивают клеем БФ-2 к диффузору *1*.

Громкоговоритель с биморфным элементом из титаната бария развивает среднее звуковое давление 1,2—1,5 *бар* и имеет рабочую полосу частот 300—4 000 *гц*.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ С КОЛЬЦЕВОЙ МАГНИТНОЙ СИСТЕМОЙ

Внешний вид динамического громкоговорителя с кольцевой магнитной системой изображен на рис. 15, а чертежи деталей приведены на рис. 16,*а*.

В магнитную систему входит кольцевой магнит *4* из магнитного сплава АНКО-4 (можно также применить магнитный сплав альнико или феррокcдюр), фигурный сердечник *5* и фланец *3* из мягкой стали (Ст. 3). Диффузор *1* изготовляют (методом прессования) из черной бумаги толщиной не более 0,25 *мм*, применяемой для защиты фотоматериалов от света. Звуковую катушку *6* наматывают на однослойном кольце из кабельной бумаги толщиной 0,1 *мм*. Катушка содержит два слоя плотной намотки проводом ПЭЛ 0,15. Сопротивление ее постоянному току 2,6 *ом*.

Диффузородержатель *2* выдавливают из листового алюминия толщиной 0,5—0,8 *мм* или вытачивают из органического стекла.

Сборка магнитной системы производится следующим образом. Кольцевой магнит приклеивают клеем БФ-2 к сердечнику *5* и верхнему кольцу *3*. Для получения равно-

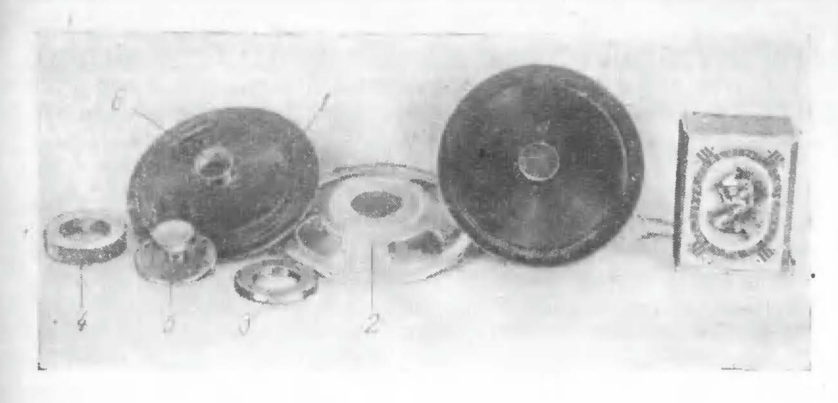


Рис. 15. Внешний вид громкоговорителя с кольцевой магнитной системой.

1 — диффузор; *2* — диффузородержатель; *3* — фланец; *4* — магнит; *5* — керн с фланцем; *6* — катушка.

мерного зазора при склеивании необходимо между верхним кольцом и сердечником вставить латунную оправку, изготовленную по размерам зазора.

При сборке подвижной системы вначале к диффузору клеем БФ-2 приклеивают звуковую катушку, после чего диффузор приклеивают к диффузородержателю.

Соединение подвижной системы с магнитной системой можно производить только после намагничивания постоянного магнита. Перед приклеиванием диффузородержателя надо добиться такого положения подвижной системы, чтобы звуковая катушка свободно перемещалась в зазоре магнитной системы.

После сборки громкоговорителя выводы звуковой катушки припаивают к гибким многожильным проводам.

Магнитная система с кольцевым магнитом может быть размещена и внутри подвижной системы (рис. 16,*б*). При такой конструкции удобнее центрировать подвижную систему и легче ремонтировать громкоговоритель.

Громкоговоритель развивает среднее звуковое давление 1,5 *бар* при рабочей полосе частот 300—3 200 *гц*. Вес громкоговорителя 48 *г*.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ 0,25 ГД-1 и 0,25 ГД-2

В заводских малогабаритных приемниках, работающих на транзисторах, использован динамический громкоговоритель 0,25 ГД-1 с постоянным керновым магнитом. Внеш-

ний вид этого громкоговорителя приведен на рис. 17. В последних моделях приемников «Спутник» и «Прогресс» применен новый громкоговоритель 0,25 ГД-2 с кольцевым оксидно-бариевым магнитом МБА. При некотором навыке эти громкоговорители могут быть изготовлены самостоя-

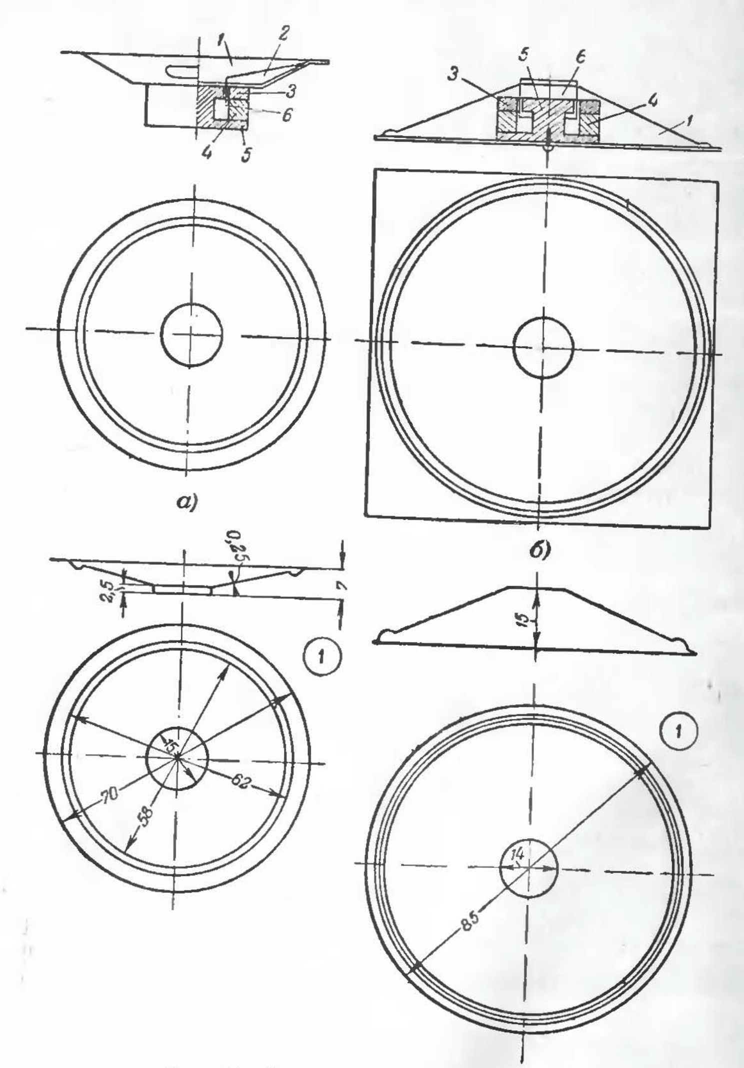


Рис. 16. Конструкция электродинамического гром

1 — диффузор; *2* — диффузородержатель; *3* — фла

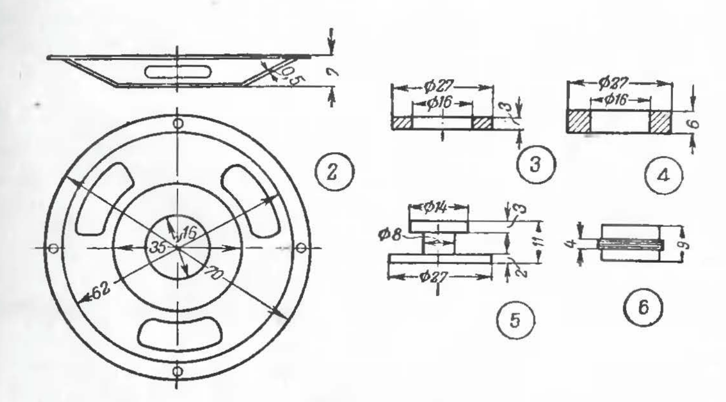
тельно. Поэтому ниже приводится их описание и способ изготовления.

Чертежи деталей громкоговорителя 0,25 ГД-1 приведены на рис. 18. Основными узлами громкоговорителя являются звуковая катушка *10* с центрирующей шайбой *9*, диффузор *8* с диффузородержателем *7* и магнитная система.

Магнитная система состоит из фланца *1*, кернового магнита *2*, керна *3* и скобы *4*. Такая конструкция магнитной системы обладает компактностью, небольшим весом и малым полем рассеяния, которое к тому же экранируется скобой.

Диффузор *8* изготовляют методом прессования из целлюлозы марки АС (можно использовать фильтровальную бумагу толщиной 0,25 *мм*).

Способ изготовления диффузора описан на стр. 11. Следует рекомендовать при прессовании диффузора вместо матрицы из пористой резины делать ее из металла. Диффузор окрашивают черным или серым органическим красителем, после чего пропитывают бесцветным цапон-лаком № 951. После окраски, а также после пропитки диффузор помещают в пресс-форму и оставляют в ней до полного высыхания краски или лака. На поверхности диффузора не должно быть складок и комков. Для хорошего воспроизведения верхних частот диффузор должен быть легким (0,25—0,5 *г*). Кроме того, диффузор должен быть жестким, чтобы не деформироваться при больших амплитудах на нижних частотах.



коговорителя с кольцевой магнитной системой.

нец; *4* — магнит; *5* — керн с фланцем; *6* —катушка.

Звуковую катушку *10* наматывают виток к витку проводом ПЭЛ 0,08 на однослойном кольце из кабельной бумаги или из пропиточной бумаги толщиной не более 0,1 *мм*. Намотку производят в два слоя: первый — 25 витков, второй — 24 витка, причем удобнее всего это делать на специальной латунной оправке *17*. После намотки и залуживания концов катушку надо пропитать клеем № 120. Сопротивление намотки $7 \pm 0{,}5$ *ом*.

Центрирующую шайбу изготовляют прессованием из марли (артикул 777). Для этого из металла или крепкого

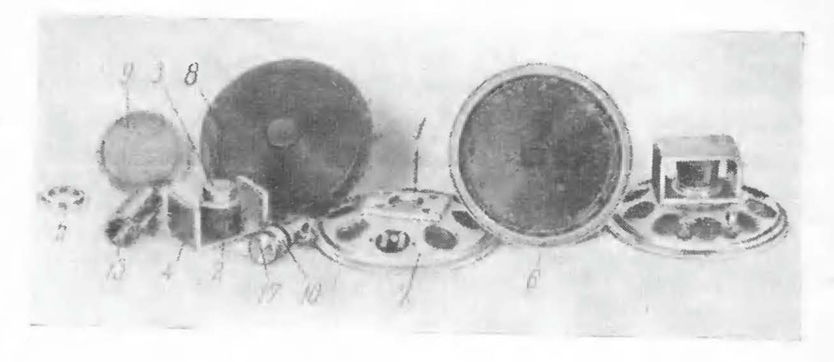


Рис. 17. Внешний вид электродинамического громкоговорителя 0,25 ГД-1 и его деталей.

1 — фланец; *2* — магнит; *3* —керн; *4* — скоба; *5* — кольцо; *6* — сектор; *7* — диффузородержатель; *8* — диффузор; *9* — центрирующая шайба; *10* — катушка; *13* — гильза для сборки магнитной системы; *17* — оправка для намотки катушки.

дерева вытачивают матрицу и пуансон. Марлю слегка пропитывают жидким крахмалом, зажимают между пуансоном и матрицей и оставляют до полного высыхания. Далее центрирующую шайбу несколько раз пропитывают жидким бакелитовым лаком, причем сушка производится также в пресс-форме при температуре 40—50° С в течение 2 *ч*. Когда шайба полностью высохнет, в центре ее делается отверстие для звуковой катушки.

Диффузор, звуковая катушка и центрирующая шайба, собранные вместе, составляют подвижную систему громкоговорителя (узел *А* на рис. 18). Сборка ее производится в следующей последовательности. Вначале к диффузору клеем БФ-4 приклеивают звуковую катушку, а затем центрирующую шайбу. Когда подвижная система собрана, нужно нитролаком № 115 приклеить к основанию диффузора выводы звуковой катушки, после чего к ним подпаи-

вают выводы *15* из провода ЛЩС сечением 1 *мм*². Над отверстием для звуковой катушки к диффузору слегка приклеивают колпачок *18*, изготовленный из плотной бумаги. Окончательно он приклеивается после центровки подвижной системы в зазоре магнитной системы.

Диффузородержатель *7* выдавливают из листовой стали толщиной 0,5 *мм*.

Фланец *1* изготавливают из листовой стали (Ст. 10). Для соединения с диффузородержателем выступы фланца расчеканивают.

Магнитная система громкоговорителя 0,25 ГД-1 состоит из кернового магнита *2*, изготовленного из магнитного сплава АНКО-4, а также скобы *4* и керна *3* из Ст. 10.

Чтобы в зазор магнитной системы не попадали железные опилки, на керн одевают кольцо *5* из листового алюминия толщиной 0,5 *мм*.

Для сборки магнитной системы необходимо из латуни изготовить вспомогательную гильзу *13*. Сборка производится следующим образом. Скобу *4* приклеивают клеем БФ-2 к фланцу *1*. Затем керновый магнит *2* приклеивают к скобе и керну *3*, на который одевается гильза. При склеивании керна с магнитом и скобой гильзу надо вставить в зазор между фланцем и керном. Это даст возможность получить по всей окружности одинаковый зазор.

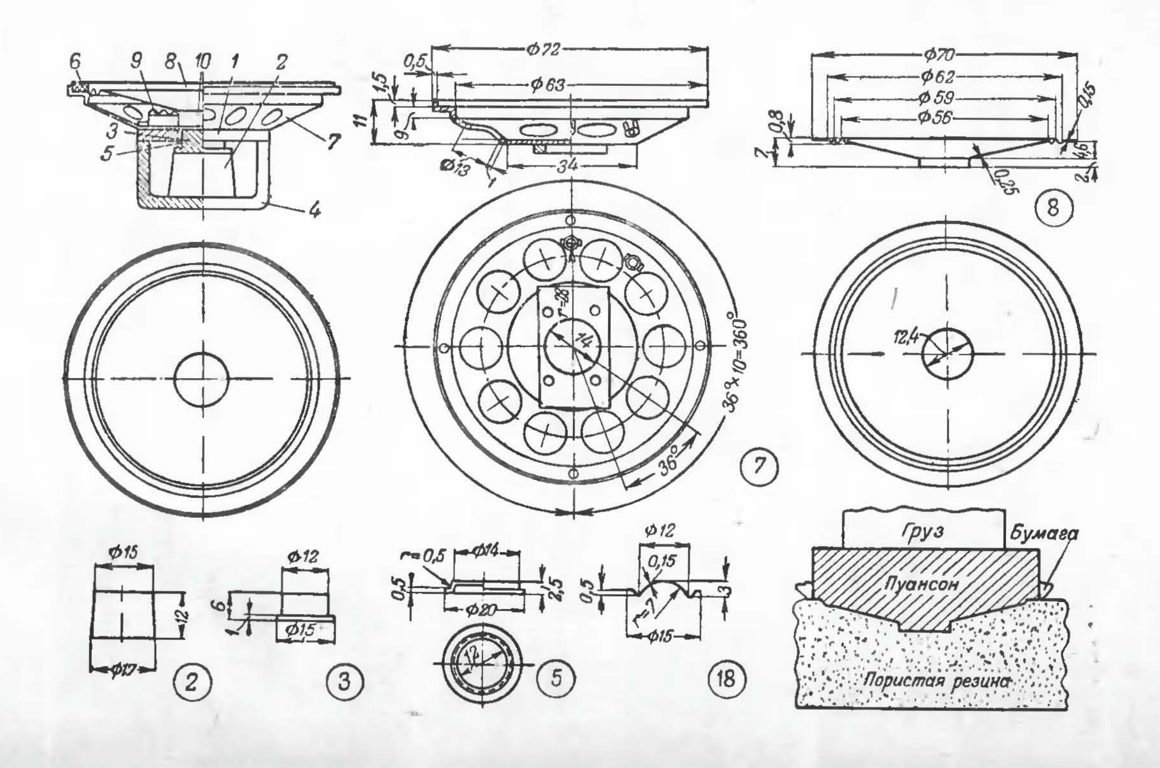
Намагничивание магнитной системы производится способом, описанным на стр. 41. Индукция в зазоре должна быть не менее 6 000 *гс*.

Когда магнитная цепь намагничена, можно приступить к сборке громкоговорителя. В диффузородержатель с прикрепленной к нему магнитной цепью устанавливают подвижную систему. Выбрав положение, когда звуковая катушка свободно перемещается в зазоре, приклеивают нитроклеем № 115 к диффузородержателю центрирующую шайбу. Убедившись, что диффузор отцентрирован верно, подклеивают диффузор к диффузородержателю, после чего вновь проверяют центровку подвижной системы.

Далее подпаивают выводы *15* и клеем БФ-2 подклеивают секторы *6*, сделанные из картона.

Описанный громкоговоритель имеет следующие технические данные:

Номинальная мощность, *ва*	0,25
Полное электрическое сопротивление на частоте 1 000 *гц*, *ом*	$8 \pm 0{,}8$
Номинальный диапазон частот, *гц*	300—3 000
Среднее звуковое давление, *бар*	2



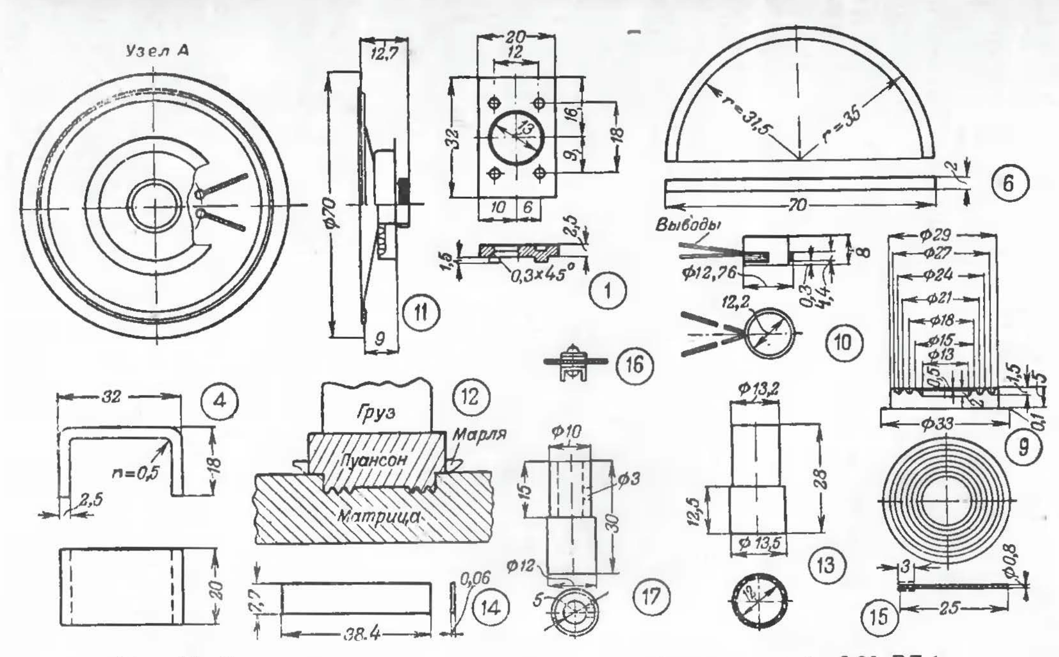


Рис. 18. Конструкция электродинамического громкоговорителя 0,25 ГД-1.

1 — фланец; 2 — магнит; 3 — керн; 4 — скоба; 5 — кольца; 6 — сектор; 7 — диффузородержатель; 8 — диффузор; 9 — центрирующая шайба; 10 — катушка; 11 — подвижная система; 12 — пресс-форма; 13 — гильза; 14 — подложка для катушки; 15 — вывод; 16 — зажим; 17 — оправка для намотки катушки; 18 — колпачок

Неравномерность частотной характеристики, *дб* . . .	18
Коэффициент нелинейных искажений на частотах 400, 1 000, 2 000 *гц*, %	10
Резонансная частота, *гц*	300±30
Вес, *г*	70

На рис. 19 приведены внешний вид малогабаритного громкоговорителя 0,25 ГД-2 с кольцевым оксидно-бариевым магнитом. Если в подвижных системах громкоговорителей 0,25 ГД-1 и 0,25 ГД-2 нет существенного отличия, то магнитные системы у них различны.

Чертежи громкоговорителя 0,25 ГД-2 приведены на рис. 20. Магнитная система этого громкоговорителя со-

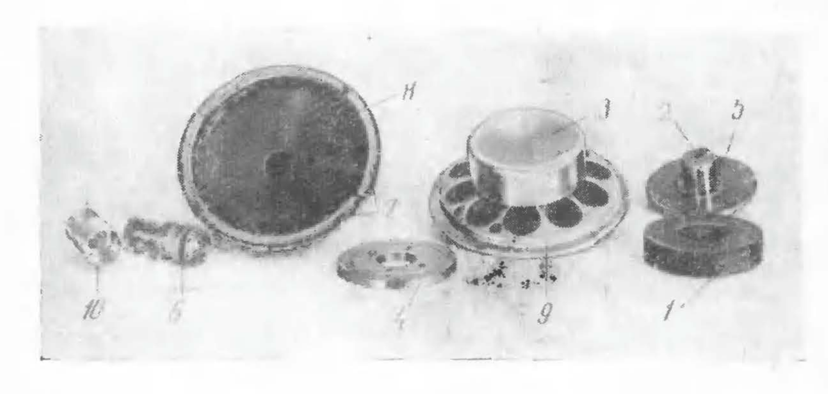


Рис. 19. Внешний вид электродинамического громкоговорителя 0,25 ГД-2 и его детали.

1 — магнит; *2* — керн; *3* — колпачок; *4* — верхний фланец; *5* — нижний фланец; *6* — катушка; *7* — секторы; *8* — диффузор; *9* — диффузородержатель; *10* — оправка для сборки магнитной системы.

стоит из кольцевого оксидно-бариевого магнита *1* (типа МБА), верхнего фланца *4*, нижнего фланца *5* и керна *2*, изготовляемых из мягкой стали. Соединение магнита и фланца производится при помощи клея БФ-2. После сборки магнита система завальцовывается в алюминиевый стакан *3*.

Звуковая катушка громкоговорителя содержит 95 витков провода ПЭЛ 0,06. Намотка осуществлена в два слоя, сопротивление ее на частоте 1 000 *гц* составляет 25 *ом*. Громкоговоритель развивает звуковое давление около 3 *бар*. Остальные детали не отличаются от деталей громкоговорителя 0,25 ГД-1.

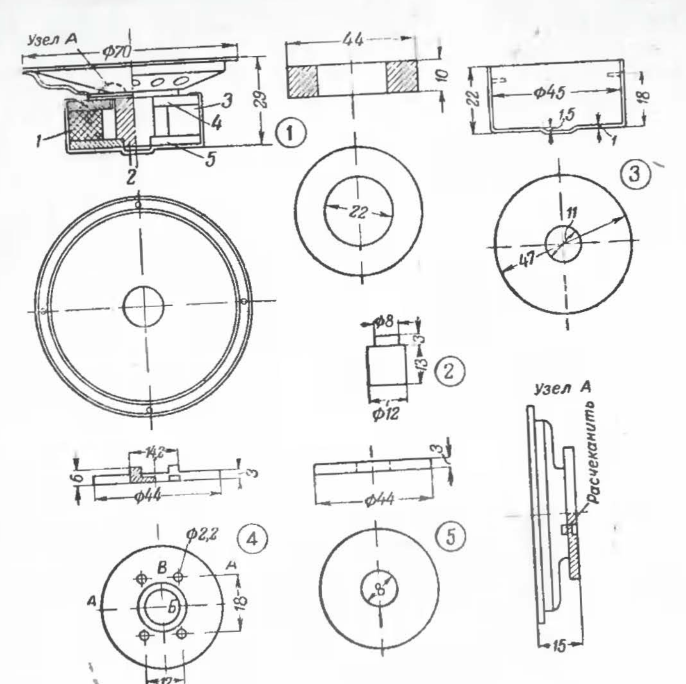


Рис. 20. Конструкция электродинамического громкоговорителя 0,25 ГД-2.

1 — магнит; *2* — керн; *3* — колпачок; *4* — верхний фланец; *5* — нижний фланец.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ ОТ КАРМАННОГО ПРИЕМНИКА «СЮРПРИЗ»

Электродинамический громкоговоритель карманного приемника «Сюрприз» по своей конструкции имеет много общего с громкоговорителем 0,25 ГД-1 и отличается лишь меньшим диаметром диффузора (57 *мм* вместо 70 *мм*) и меньшей высотой (30 *мм* вместо 34 *мм*).

Внешний вид деталей громкоговорителя приведен на рис. 21. Магнитная система этого громкоговорителя имеет керновый магнит из сплава АНКО-4. Звуковая катушка громкоговорителя содержит 49 витков (два слоя) провода ПЭЛ 0,08 *мм*. Параметры этого громкоговорителя несколько хуже параметров громкоговорителя 0,25 ГД-1, что видно из приведенных ниже технических данных:

Номинальная мощность, *ва*	0,1
Полное электрическое сопротивление на частоте 1 000 *гц*, *ом*	5

Номинальный диапазон частот, *гц*	500—7 000
Среднее звуковое давление, *бар*	1,5
Неравномерность частотной характеристики, *дб*	18
Резонансная частота, *гц*	500±30
Вес, *г*	50

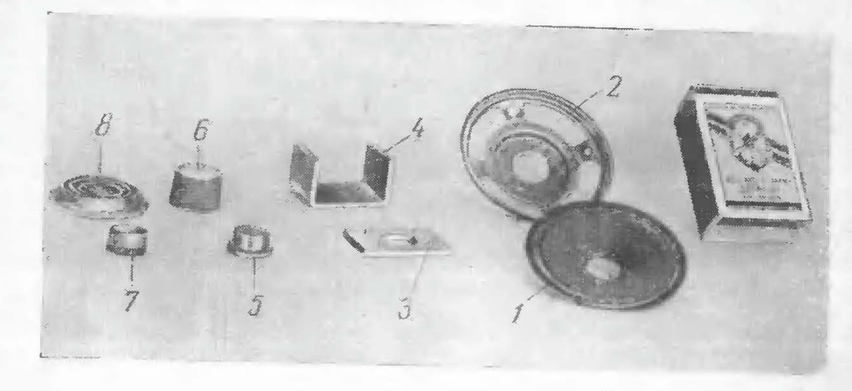


Рис. 21. Внешний вид деталей электродинамического громкоговорителя от карманного приемника „Сюрприз".
1 — диффузор; *2* — диффузородержатель; *3* — фланец; *4* — скоба; *5* — керн; *6* — магнит; *7* — катушка; *8* — центрирующая шайба.

ЗАРУБЕЖНЫЕ МАЛОГАБАРИТНЫЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Среди малогабаритных громкоговорителей, выпускаемых иностранными фирмами для портативных приемников на транзисторах, наибольший интерес представляют громкоговорители американских фирм (рис. 22). Конструкции этих громкоговорителей повторяются рядом японских и западных фирм.

Малогабаритные громкоговорители, выпускаемые в США, имеют круглый литой бумажный диффузор диаметром 60—100 *мм* с сравнительно большим углом раствора (например, в громкоговорителе фирмы Зенит этот угол составляет 146°).

Магнитные цепи имеют обычную конструкцию в виде скобы или стакана с металлическим керновым магнитом. Отличительной особенностью магнитных цепей американских миниатюрных громкоговорителей является высокая магнитная энергия постоянных магнитов (порядка $4{,}9 \cdot 10^6$—$5 \cdot 10^6$ *гс/э*, что на 25—30% больше чем у сплава АНКО-4).

Электроакустические и конструктивные данные некоторых американских громкоговорителей приведены в таблице.

470—1

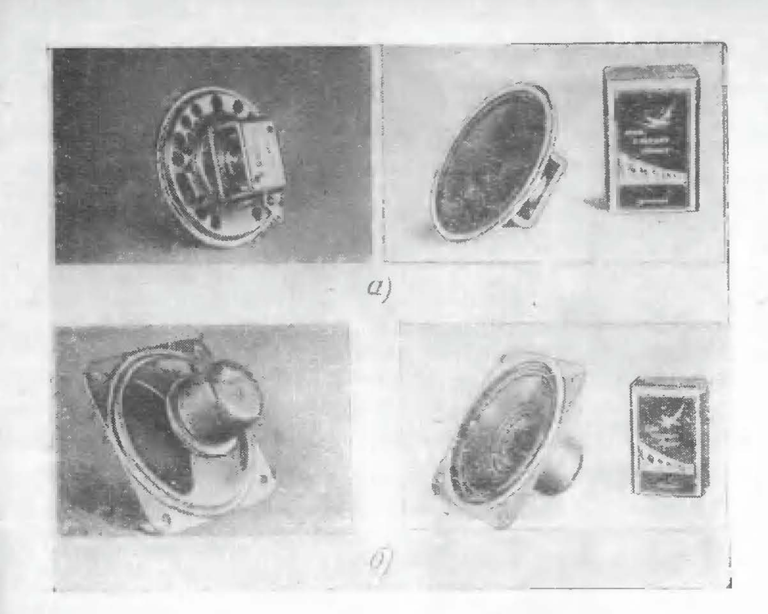


Рис. 22. Малогабаритные громкоговорители американских фирм.
а — малогабаритный громкоговоритель фирмы Зенит; *б* — малогабаритный громкоговоритель фирмы Филко.

Электроакустические и конструктивные данные громкоговорителей	Громкоговоритель фирмы Зенит, модель 220604	Громкоговоритель фирмы Филко, модель 36-1652
Толщина диффузора, *мм*	0,14	0,17
Диаметр провода, *мм*	0,09	0,16
Высота намотки, *мм*	5	4,5
Вес подвижной системы, *г*	0,6	1,1
Диаметр диффузора, *мм*	62	86
Угол раствора диффузора, *град*	146	120
Диаметр керна, *мм*	14	15
Зазор, *мм*	0,8	0,75
Индукция в магнитном зазоре, *гс*	6 000	7 500
Диапазон воспроизводимых частот (в ящике), *гц*	200—3 000	180—7 000
Неравномерность, *дб*	15,8	15,6
Полное сопротивление, *ом*	14,5	3,2
Резонансная частота, *гц*	350	290
Среднее стандартное звуковое давление, *бар*	1,8	2,7
Коэффициент нелинейных искажений, %, на частотах:		
250—400 *гц*	10—12	7,4
400—2 000 *гц*	2—3	0,5

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МИНИАТЮРНЫХ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ, И СПОСОБЫ ИХ ОБРАБОТКИ

При изготовлении миниатюрных громкоговорителей требуются в основном хорошо известные радиолюбителю материалы; гетинакс, органическое стекло, дерево, сталь, алюминий, эбонит, трансформаторная сталь, латунь, клей БФ-2, фильтровальная бумага или сульфатная целлюлоза марки АС, провод ПЭЛ или ПЭВ. Необходимы также и магнитные материалы: пермаллой и пермендюр (мягкие магнитные материалы), применяемые для малогабаритных трансформаторов, магнитопроводов реле и полюсных наконечников электромагнитных механизмов. Это железоникелевые сплавы, обладающие высокой проницаемостью в слабых полях. Пермаллой чувствителен к механическим напряжениям, пермендюр же мало чувствителен к ударам и вибрациям, этим и объясняется широкое использование последнего в подвижных частях громкоговорителей.

Наконец, для постоянных магнитов применяются магнитотвердые сплавы железа, никеля, кобальта, марганца, алюминия: АНКО-4 (магнико), альни, альниси и др., отличающиеся высокой коэрцитивной силой. В последнее время наряду с металлическими магнитными материалами для постоянных магнитов громкоговорителей широко применяются новые керамические магнитные материалы: оксидно-бариевые материалы типа МБА (магнит бариевый анизотропный)—ферроксдюры. Эти материалы относятся к ферритам, обладающим высокой коэрцитивной силой, которая растет при повышении температуры. Керамические магнитные материалы по магнитным свойствам несколько хуже металлических, но они в 1,5—2 раза легче металлических магнитов, дешевле, проще в изготовлении и, наконец, легче в обработке. Габариты магнитной системы громкоговорителей из этих материалов в 3—4 раза меньше, чем при использовании металлических магнитов.

Магниты из феррита можно намагничивать отдельно от остальных элементов магнитной цепи.

Радиолюбители обычно используют готовые постоянные магниты от динамических или электромагнитных громкоговорителей, от поляризованного реле и других устройств; часто эти магниты приходится механически обрабатывать и намагничивать. Для получения хорошего качества поверхности магниты шлифуют на плоскошлифовальных или круглошлифовальных станках. Обычно скорость шлифования (скорость камня) составляет 15—35 *м/сек*. В процессе шлифования магниты охлаждают проточной водой. В качестве абразивов для шлифования применяют корундовые круги с керамической связкой (К), среднемягкие (СМ-2) с зернистостью 36—46, а для окончательного шлифования — с зернистостью 60. В любительских условиях шлифование можно производить на наждачном точиле.

Шлифование металлических магнитных материалов более длительно, чем шлифование магнитов из ферроксдюра; при этом желательно перед шлифованием магниты размагнитить.

Для получения максимальной магнитной энергии магнит необходимо намагнитить до насыщения. Напряженность намагничивающего поля зависит от материала магнита, главным образом от величины его коэрцитивной силы.

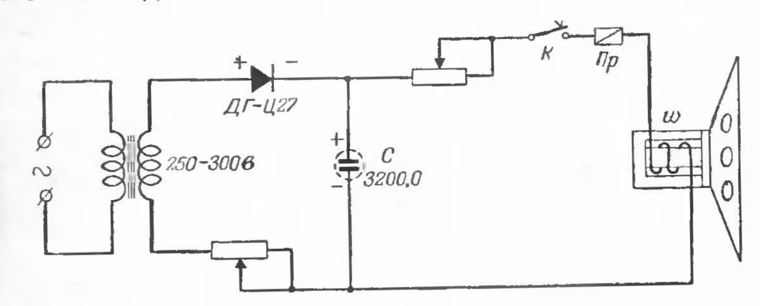


Рис. 23. Схема для намагничивания постоянных магнитов громкоговорителей.

Намагничивание постоянных магнитов производится при помощи магнитного поля с большой напряженностью (300—500 *э*), создаваемого постоянным или переменным током. Однако подобные установки громоздки и любителю их трудно осуществить. Поэтому для намагничивания малогабаритных постоянных магнитов, применяемых в миниатюрных громкоговорителях, можно использовать импульсный принцип. Простейшая схема для намагничивания, работающая на этом принципе, приведена на рис. 23.

Устройство работает следующим образом. Конденсатор *С* заряжается через однополупериодный выпрямитель на диоде ДГ-Ц27. При замыкании кнопки *К* конденсатор разряжается через намагничивающую обмотку *w*, которую размещают на магните. При этом ток разряда (в зависи-

мости от емкости конденсатора и величины питающего напряжения) может достигать нескольких сот ампер.

Конденсатор C составлен из четырех конденсаторов типа ЭФ-1 от электронной фотовспышки. Намагничивающая обмотка выполняется из многожильного провода сечением 1—2 *мм*^{2} и содержит 6—8 витков.

Намагничивать магнитную систему с металлическими магнитами необходимо, поместив магнит в рабочее пространство; после намагничивания магнитную систему не следует разбирать, так как сборка или разборка магнитной системы громкоговорителя после намагничивания приведет к потере магнитного потока примерно на 30%. Магниты же из ферритов при разборке и сборке магнитной системы магнитного потока не теряют.

СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА ТРАНЗИСТОРАХ ДЛЯ МИНИАТЮРНЫХ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Для получения наибольшей отдачи недостаточно хорошо изготовить и отрегулировать громкоговоритель — необходимо еще правильно выбрать схему усилителя низкой частоты. Ниже приведены практические схемы усилителей для описанных выше малогабаритных громкоговорителей.

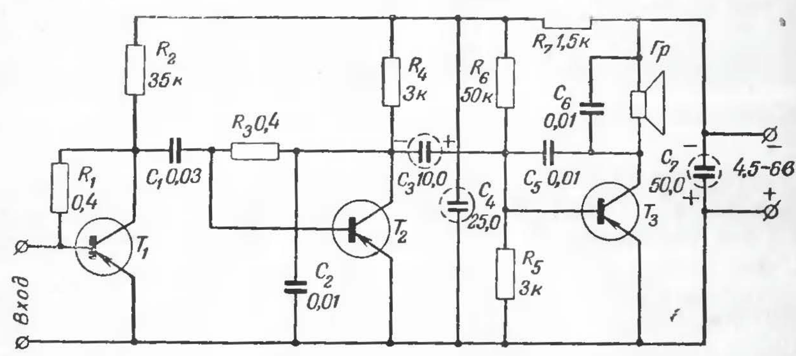


Рис. 24. Схема усилителя для простых электромагнитных громкоговорителей.

На рис. 24 приведена схема усилителя низкой частоты для простых электромагнитных громкоговорителей, но которую можно использовать и для дифференциальных электромагнитных громкоговорителей. Усилитель работает на транзисторах типа П13А (П6В), включенных по схеме с заземленным эмиттером. Для устойчивой работы транзисторов T_1 и T_2 на их основания через сопротивления R_1 и R_3 подано напряжение автоматического смещения. В выходном каскаде напряжение автоматического смещения снимается с делителя из сопротивлений R_6 и R_5. Для улучшения качества звучания выходной каскад охвачен отрицательной обратной связью (конденсатор C_5). Чтобы усилитель не самовозбуждался на низких частотах, применен развязывающий фильтр C_4R_7.

Сопротивления R_1—R_7 — малогабаритные, типа УЛМ. Конденсаторы C_3, C_4 и C_7 — электролитические, типа ЭМ, а конденсаторы C_1 и C_5 — керамические, типа КПС.

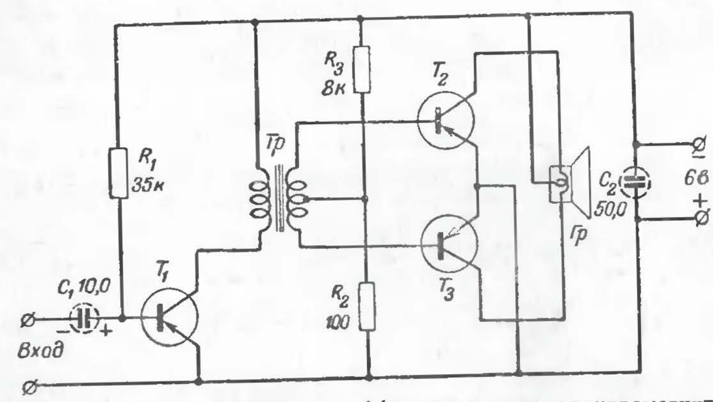


Рис. 25. Схема усилителя для дифференциальных электромагнитных громкоговорителей.

На рис. 25 приведена схема двухкаскадного усилителя низкой частоты для дифференциальных электромагнитных громкоговорителей. Усилитель работает на транзисторах типа П13А. Транзистор первого каскада T_1 включен по схеме с заземленным эмиттером. Напряжение смещения снимается с сопротивления R_1. Связь между каскадами осуществляется через трансформатор Tp. Для уменьшения нелинейных искажений и устранения постоянного подмагничивания оконечный каскад усилителя собран по двухтактной схеме. Транзисторы включены по схеме с заземленным эмиттером. Сопротивления R_2 и R_3 составляют делитель для получения напряжения смещения.

В схеме на рис. 25 отсутствует выходной трансформатор, так как большое сопротивление обмоток дифференциальных громкоговорителей позволяет включать их непосредственно в цепи коллекторов транзисторов выходного

каскада. Средняя точка обмотки громкоговорителя соединена с отрицательным зажимом батареи.

Трансформатор $Тр_1$ собран вперекрышку на сердечнике из пластин Ш-6, набор 6 *мм*. Пластины отштампованы из листового пермаллоя Н45 толщиной 0,2 *мм*. Первичная обмотка содержит 5 000 витков провода ПЭЛ 0,06, вторичная 1 000×2 витков провода ПЭЛ 0,07.

На рис. 26 приведена схема усилителя низкой частоты для электродинамического и пьезоэлектрического громкоговорителей (от приемника «Фестиваль»). Усилитель двухкаскадный, работает на транзисторах П13А. В первом

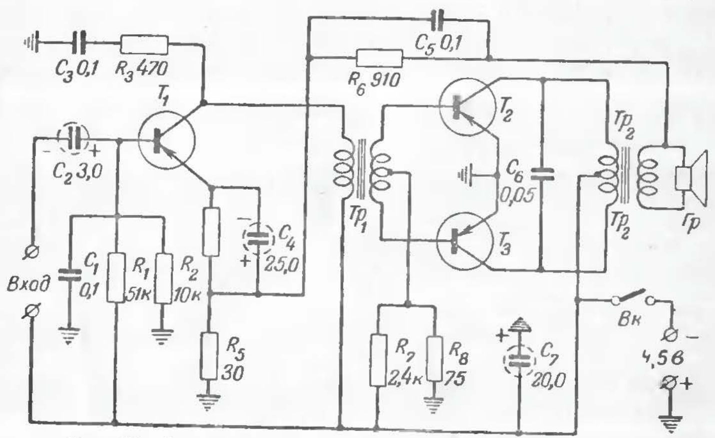


Рис. 26. Схема усилителя для электродинамических и пьезоэлектрических громкоговорителей.

каскаде в цепь эмиттера транзистора T_1 для температурной стабилизации включено сопротивление R_4, которое для устранения дополнительной обратной связи шунтируется конденсатором C_4. С делителя R_1R_2 снимается напряжение автоматического смещения. Для улучшения качества звучания в коллекторную цепь транзистора T_1 включен фильтр из сопротивления R_3 и конденсатора C_3. Связь между каскадами усилителя осуществляется через трансформатор $Тр_1$.

Оконечный каскад усилителя — двухтактный. Напряжение смещения снимается с делителя R_7R_8.

Для улучшения качества звучания каскады усилителя охвачены отрицательной обратной связью, которая осуществляется через конденсатор C_5 и сопротивление R_6.

Сопротивления R_1—R_8 — малогабаритные, типа УЛМ. Конденсаторы C_2, C_4 и C_7 — электролитические, малогабаритные, типа ЭМ; остальные конденсаторы — бумажные, типа БМ.

Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-6, набранных вперекрышку в пакет толщиной 6 *мм*. Пластины отштампованы из листового пермаллоя Н45 толщиной 0,2 *мм*. Первичная обмотка содержит 2 800 витков провода ПЭЛ 0,1, а вторичная—500×2 витков провода ПЭЛ 0,1.

Трансформатор $Тр_2$ имеет такой же сердечник, как и трансформатор $Тр_1$. Первичная обмотка содержит

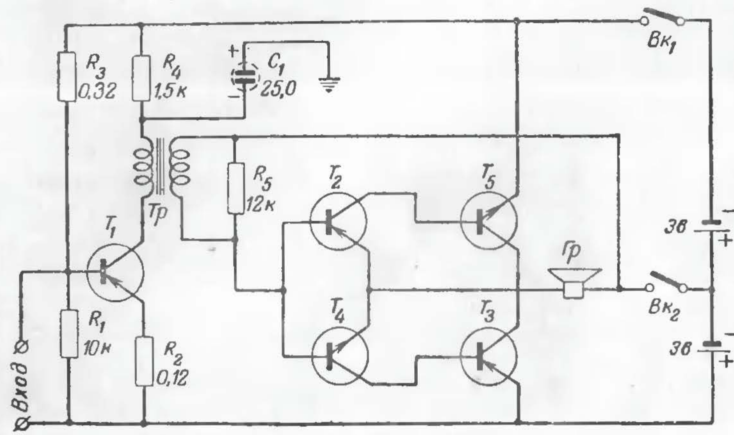


Рис. 27. Схема усилителя на транзисторах с разным типом проводимости.

245×2 витков провода ПЭЛ 0,18, а вторичная — 72 витка провода ПЭЛ 0,35. Трансформатор рассчитан на включение электродинамического громкоговорителя 0,25 ГД-1. Для включения пьезоэлектрического громкоговорителя вторичная обмотка трансформатора должна быть намотана проводом ПЭЛ 0,06 и содержать 10 000 витков.

На рис. 27 приведена схема усилителя низкой частоты на транзисторах с разным типом проводимости. Схема не требует выходного трансформатора. Усилитель состоит из двух каскадов. Первый каскад на транзисторе T_1 связан с оконечным через трансформатор. В цепь коллектора транзистора T_1 включено сопротивление R_4, являющееся нагрузкой каскада по постоянному току. Делитель из сопротивлений R_3 и R_1 служит для получения напряжения автоматического смещения для транзистора T_1.

Выходной каскад работает на транзисторах T_2 и T_3 типа П13А и T_4 и T_5 типа П102 с проводимостью *n-p-n*. Соединение транзисторов с различным типом проводимости позволяет собрать каскад с высоким входным и очень низким выходным сопротивлениями. Поэтому он может работать непосредственно на звуковую катушку громкоговорителя с сопротивлением 3—8 *ом*. Усиление выходного каскада по напряжению составляет 0,95—0,98, потребление тока прямо пропорционально амплитуде входного сигнала, ток в режиме «молчания» 0,8 *ма*.

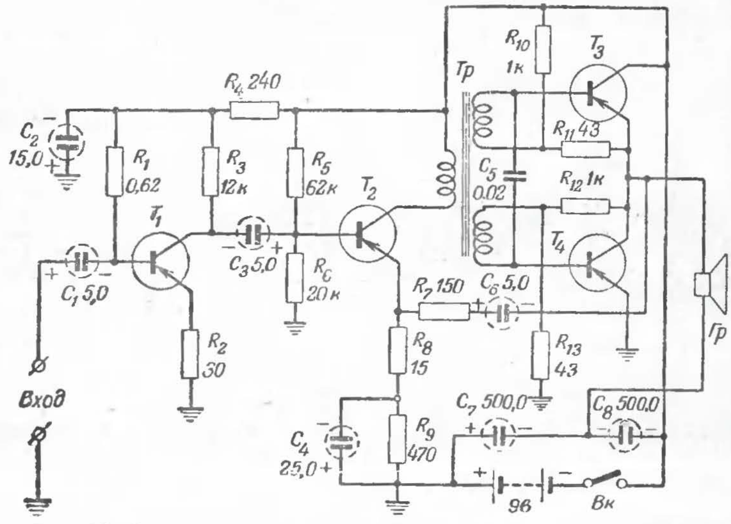


Рис. 28. Схема усилителя с бестрансформаторным выходом для высокоомного динамического громкоговорителя.

Сопротивления R_1—R_5 — малогабаритные, типа УЛМ, а конденсатор C_1 электролитический, типа ЭМ.

Трансформатор *Тр* собран на пермаллоевом сердечнике из пластин типа Ш-5, толщина пакета 8 *мм*. Первичная и вторичная обмотки содержат по 1 100 витков провода ПЭЛ 0,1.

Для приемников, использующих диодное детектирование и громкоговорители с сопротивлением звуковой катушки 25—28 *ом* (громкоговорители 0,25 ГД-2 и 0,5 ГД-11) можно рекомендовать схемы усилителей низкой частоты, приведенные на рис. 28 и 29 (схемы усилителей низкой частоты от модернизированных портативных приемников «Прогресс» и «Спутник»).

Усилитель на рис. 28 состоит из трех каскадов на транзисторах типа П13А. Первый каскад предварительного усиления собран на сопротивлениях. Для устойчивой работы транзистора на его основание через сопротивление R_1 подано напряжение автоматического смещения. Ток эмиттера определяется выбором сопротивления R_2. Для устранения самовозбуждения на нижних частотах между первым и вторым каскадом включен развязывающий фильтр R_4C_2. Второй каскад собран по трансформаторной схеме и работает в режиме А. Второй и третий каскады усилителя

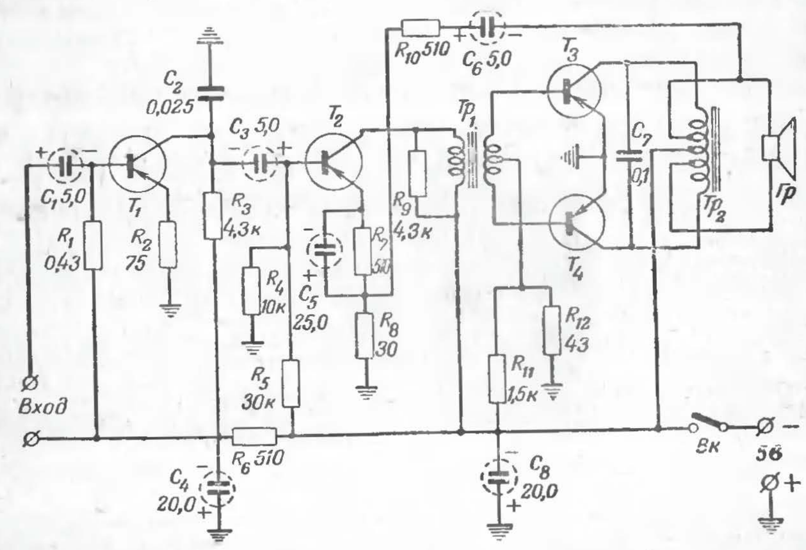


Рис. 29. Схема трехкаскадного усилителя с автотрансформаторным выходом.

охвачены частотно зависимой связью в области низших частот через конденсатор C_6 и сопротивление R_7.

Оконечный каскад, собранный по схеме, эквивалентной двухтактной, нагружен через делитель из конденсаторов большой емкости C_7 и C_8 на динамический громкоговоритель с сопротивлением звуковой катушки 25—28 *ом*.

В качестве источника питания можно использовать две батареи КБС-Л 0,5, шунтированные конденсаторами C_7 и C_8. Номинальное напряжение на выходе усилителя порядка 1,5—3 *в*. Коэффициент нелинейных искажений всего тракта не более 12%.

Сопротивления — малогабаритные, типа УЛМ, конденсаторы типа ЭМ, БМ и ЭГЦ-2.

Согласующий трансформатор *Тр* собран на сердечнике из пермаллоевых (Н45) пластин типа Ш-6. Первичная обмотка содержит 1 800 витков провода ПЭВ 0,1, а вторичная — 2×400 витков провода ПЭВ 0,1.

На рис. 29 приведена схема трехкаскадного усилителя с автотрансформаторным выходом. Первый и второй каскады усилителя отличаются от схемы на рис. 28 только иными величинами сопротивлений и конденсаторов. Оконечный каскад — двухтактный, работает в режиме В и через выходной автотрансформатор $Тр_2$ нагружен на высокоомный динамический громкоговоритель 0,25 ГД-2.

Сопротивления, используемые в схеме, малогабаритные, типа УЛМ, конденсаторы — типа ЭМ и БМ.

Согласующий трансформатор $Тр_1$ и выходной автотрансформатор $Тр_2$ собраны на пермаллоевых (Н45) сердечниках из пластин Ш-4, толщина пакета 6 *мм*. Первичная обмотка трансформатора $Тр_1$ содержит 2 800 витков провода ПЭВ 0,09, а вторичная — 2×500 витков провода ПЭВ 0,09. Выходной автотрансформатор $Тр_2$ содержит 900 витков провода ПЭВ 0,2 (2×175+2×275).

Для питания схемы используются четыре малогабаритных закрытых цинково-кадмиевых аккумулятора типа Д-0,2, включенных последовательно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник радиолюбителя, Гостехиздат, УССР, 1957.
2. Лабутин В. К., Простейшие конструкции на полупроводниковых триодах, Госэнергоиздат, 1958.
3. Дольник А. Г., Громкоговорители, Госэнергоиздат, 1958.
4. Займовский А. С. и Чудновская Л. А., Магнитные материалы, Госэнергоиздат, 1957.
5. Яковлев В. В., Любительские приемники на полупроводниковых триодах, Госэнергоиздат, 1957.
6. Лабутин В. К. и Поляков Т. Л., Карманный приемник на транзисторах, Госэнергоиздат, 1959.